



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월10일
(11) 등록번호 10-1876905
(24) 등록일자 2018년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 5/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 5/1079 (2013.01)
A61N 2005/109 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7004526(분할)
(22) 출원일자(국제) 2013년11월22일
심사청구일자 2018년05월10일
(85) 번역문제출일자 2017년02월17일
(65) 공개번호 10-2017-0021373
(43) 공개일자 2017년02월27일
(62) 원출원 특허 10-2015-7011885
원출원일자(국제) 2013년11월22일
심사청구일자 2015년05월06일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/081511
(87) 국제공개번호 WO 2014/132501
국제공개일자 2014년09월04일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-037210 2013년02월27일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2005502221 A
JP2007289373 A
JP평성11313900 A

(73) 특허권자
스미도모쥬기가이교교 가부시킴가이샤
일본국 도쿄도 시나가와구 오오사키 2쵸메 1반 1
고
(72) 발명자
키쿠치 유우지
일본국 792-8588 에히메켄 니이하마시 소비라키쵸
5반 2고 스미도모쥬기가이교교 가부시킴가이샤 에
히메세이조쵸 내
(74) 대리인
방해철, 김용인

전체 청구항 수 : 총 1 항

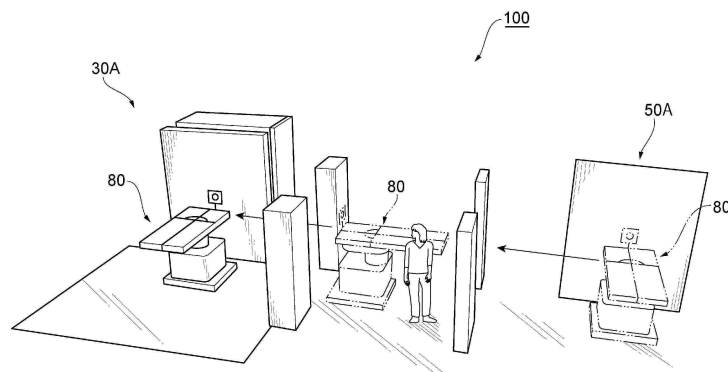
심사관 : 윤지영

(54) 발명의 명칭 중성자 포착요법 시스템

(57) 요약

조사실에 있어서의 준비 시간을 단축할 수 있는 중성자 포착요법 시스템을 제공한다. 중성자 포착요법 시스템(100)은, 중성자선(N)을 환자(S)에게 조사하는 시스템이다. 중성자선(N)을 환자(S)에게 조사하기 위하여 환자(S)를 실내에 배치 가능하고, 실내로부터 실외로의 중성자선(N)의 방사를 차단하기 위한 차폐벽(W1)으로 덮인 조사실(30A, 30B)과, 조사실(30A, 30B)의 실내에 중성자선(N)을 조사 가능한 중성자선 발생부(10)와, 환자(S)를 배치하여 조사실(30A, 30B)의 실내와 실외의 사이에서 이동 가능하게 구성된 치료대(80)를 구비한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

중성자선을 피조사체에 조사하는 중성자 포착요법 시스템으로서,
실내로부터 실외로의 상기 중성자선의 방사를 차단하기 위한 차폐벽으로 덮인 조사실과,
상기 조사실에 있어서 상기 피조사체에 상기 중성자선을 조사하기 위하여 필요한 작업을 실시하기 위한 준비실과,
상기 조사실의 실내에 상기 중성자선을 조사 가능한 중성자선 발생부와,
상기 조사실과 상기 준비실 사이에서 이동 가능하게 구성된 재치대를 구비하고,
상기 조사실에는, 상기 중성자선의 조사범위를 규정하기 위한 콜리메이터가 마련되어 있으며,
상기 준비실에는, 상기 콜리메이터의 개구와 동일 형상의 개구를 가지는 더미 콜리메이터가 마련되어 있는 중성자 포착요법 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 중성자선을 피조사체에 조사하는 중성자 포착요법 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 특허문헌 1에는, 환자에 있어서의 조사목표에 중성자선을 조사하는 중성자선 조사장치가 기재되어 있다. 이 중성자선 조사장치는, 콜리메이터의 중성자 취출구와 조사목표의 위치맞춤을 용이하게 행하여, 조사 정밀도의 향상을 도모하는 것을 가능하게 한다. 중성자선 조사장치는, 환자를 재치하는 재치대와, 중성자를 감속하는 감속장치와, 중성자를 수렴하는 콜리메이터를 구비하고 있다. 재치대 및 콜리메이터는, 중성자의 취출 방향을 따라 감속장치에 대하여 상대적으로 이동 가능하게 마련되어 있다.

[0003] 특허문헌 1에 기재된 중성자선 조사장치에서는, 감속장치가 조사실의 벽에 매립되고, 재치대 및 콜리메이터가 조사실 내에 배치되어 있다. 중성자선 조사장치를 이용하여 치료를 행하는 경우에는, 콜리메이터와 재치대 상의 환자의 위치맞춤과 같은 준비 작업을 실시한 후에, 중성자선을 조사한다. 콜리메이터 및 재치대는 조사실 내에 배치되어 있기 때문에, 위치맞춤 작업은 조사실 내에서 실시한다.

[0004] 선행기술문헌

[0005] (특허문헌)

[0006] 특허문헌 1: 일본공개특허공보 2009-189725호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 그러나, 중성자선을 이용한 방사선 치료법은, 다른 방사선 치료법과 비교하여, 환자에게 중성자선을 조사하기 위한 조사실 내의 방사선량이 많아지는 경향이 있다. 따라서, 중성자선을 이용한 방사선 치료의 분야에서는, 조사실의 실내에 있어서의 준비 시간을 단축하는 것이 요망되고 있다.

[0008] 상기 사정을 감안하여, 본 발명은, 조사실에 있어서의 준비 시간을 단축할 수 있는 중성자 포착요법 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템은, 중성자선을 피조사체에 조사하는 중성자 포착요법 시스템으로서, 중성자선을 피조사체에 조사하기 위하여 피조사체를 실내에 배치 가능하고, 실내로부터 실외로의 중성자선의 방사를 차단하기 위한 차폐벽으로 덮인 조사실과, 조사실의 실내에 중성자선을 조사 가능한 중성자선 발생부와, 피조사체를 재치하여 조사실의 실내와 실외의 사이에서 이동 가능하게 구성된 재치대를 구비한다.
- [0010] 본 발명의 일 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템에서는, 재치대가 조사실의 실내와 실외의 사이를 이동 가능하기 때문에, 피조사체에 중성자선을 조사하기 위한 준비 작업을, 재치대를 조사실의 실외로 이동시킨 후에 조사실의 실외에 있어서 실시할 수 있다. 따라서, 조사실의 실내에 있어서의 준비 작업의 일부를 조사실의 실외에서 실시할 수 있기 때문에, 조사실의 실내에 있어서의 준비 작업에 필요한 시간을 단축할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템은, 조사실에 병설된 준비실을 더 구비하고, 준비실의 실내에는, 피조사체의 위치맞춤을 위한 표지가 마련되어 있다. 이러한 구성에 의하면, 준비실에 있어서 표지에 대하여 피조사체를 위치맞춤함으로써, 조사실에 있어서의 피조사체의 위치맞춤을 모의할 수 있다. 따라서, 조사실에 있어서의 피조사체의 위치맞춤 작업의 시간을 단축할 수 있다.
- [0012] 또, 조사실의 실내에는, 중성자선의 조사범위를 규정하기 위한 콜리메이터 및 조사실의 실내에 있어서의 재치대의 위치를 규정하기 위한 제1 위치규정부가 마련되고, 준비실의 실내에는, 준비실의 실내에 있어서의 재치대의 위치를 규정하기 위한 제2 위치규정부가 더 마련되며, 표지와 제2 위치규정부의 사이의 위치관계는, 콜리메이터와 제1 위치규정부의 사이의 위치관계와 동일하다. 이러한 구성에 의하면, 준비실의 실내에 있어서 제2 위치규정부에 의하여 위치결정된 재치대에 피조사체를 재치한 후에, 표지에 대하여 피조사체를 위치맞춘다. 그리고, 피조사체를 재치한 재치대를 조사실에 이동시키고, 재치대의 위치를 제1 위치규정부에 의하여 위치결정하면, 콜리메이터와 피조사체의 위치맞춤이 이루어진 상태가 된다. 따라서, 조사실에 있어서의 콜리메이터와 피조사체의 위치맞춤 작업을 준비실에 있어서 모의적으로 실시할 수 있기 때문에, 조사실에 있어서의 피조사체의 위치맞춤 작업의 시간을 더 단축할 수 있다.
- [0013] 또, 재치대는, 토대부와, 토대부 상에 배치되어 피조사체를 지지하는 천판(天板)을 가지고, 천판은, 토대부에 대하여 연직축 둘레로 회전 가능하다. 이러한 구성에 의하면, 토대부에 대하여 천판을 회전시킴으로써, 천판의 길이 방향을 재치대의 이동 방향에 맞출 수 있다. 이로 인하여, 재치대가 통과하는 출입구 등의 크기는, 천판부의 길이 방향의 길이가 아닌, 토대부의 크기에 의하여 규정되게 된다. 따라서, 재치대가 통과하는 출입구 등의 크기의 확대를 억제할 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명의 중성자 포착요법 시스템에 의하면, 조사실에 있어서의 준비 시간을 단축할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템을 나타내는 모식도이다.
- 도 2는 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템의 구성을 나타내는 도이다.
- 도 3은 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템의 배치를 나타내는 도이다.
- 도 4는 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템의 중성자선 출력부의 근방을 나타내는 도이다.
- 도 5는 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템의 치료대를 나타내는 사시도이다.
- 도 6은 환자와 콜리메이터의 위치맞춤을 설명하기 위한 도이다.
- 도 7은 변형예에 따른 중성자 포착요법 시스템의 구성을 나타내는 도이다.
- 도 8은 제2 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템의 구성을 나타내는 도이다.
- 도 9는 변형예에 따른 중성자 포착요법 시스템의 구성을 나타내는 도이다.
- 도 10은 제3 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템의 구성을 나타내는 도이다.
- 도 11은 제3 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템의 배치를 나타내는 도이다.
- 도 12는 환자와 콜리메이터의 위치맞춤을 설명하기 위한 도이다.

도 13은 변형예에 따른 중성자 포착요법 시스템의 구성을 나타내는 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 대하여 상세하게 설명한다. 다만, 이하의 설명에 있어서, 동일 또는 상당 요소에는 동일한 부호를 붙여, 중복되는 설명을 생략한다. 또, 후술하는 중성자선 출력부(12A)로부터 출사되는 중성자선(N)의 출사 방향으로 X축, 중성자선 출력부(12A)로부터 출사되는 중성자선(N)의 출사 방향과 직교하는 방향으로 Y축, 마루면에 대하여 수직 방향으로 Z축을 취한 XYZ 좌표계를 설정하고(도 3 참조), 각 구성요소의 위치관계의 설명에 X, Y, Z를 이용하는 것으로 한다.
- [0017] <제1 실시형태>
- [0018] 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템에 대하여 설명한다. 도 1은, 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(100)을 나타내는 모식도이다. 중성자 포착요법 시스템(100)은, 붕소 중성자 포착요법(BNCT: Boron Neutron Capture Therapy)을 이용한 암치료를 행하는 장치이다. 중성자 포착요법은, 붕소(^{10}B)가 투여된 환자(피조사체)에 대하여 중성자선을 조사함으로써 암치료를 행하는 것이다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(100)을 이용한 중성자 포착요법에서는, 환자를 치료대(재치대)(80)에 구속하는 등의 준비 작업을 준비실(50A)의 실내에서 실시하고, 환자마다 치료대(80)를 조사실(30A)로 이동시킨다. 조사실(30A)의 실내에 있어서, 환자에게 중성자선을 조사한다.
- [0019] 도 2는, 중성자 포착요법 시스템(100)의 구성을 나타내는 도이다. 도 3은, 중성자 포착요법 시스템(100)의 배치를 나타내는 도이다. 도 2 및 도 3에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(100)은, 치료용의 중성자선(N)을 발생시켜 조사하기 위한 중성자선 발생부(10)와, 환자에게 중성자선(N)을 조사하기 위한 조사실(30A, 30B)과, 조사준비를 행하기 위한 준비실(50A, 50B)과, 작업공정을 관리하기 위한 관리실(70)을 구비하고 있다.
- [0020] 중성자선 발생부(10)는, 후술하는 조사실(30A, 30B)의 실내에 중성자선(N)을 발생시켜 환자(S)에게 중성자선(N)을 조사 가능하게 구성되어 있다. 중성자선 발생부(10)는, 가속기(11)(예를 들면, 사이클로트론)와, 하전입자선(P)으로부터 중성자선(N)을 생성하는 중성자선 출력부(12A) 및 중성자선 출력부(12B)와, 하전입자선(P)을 중성자선 출력부(12A) 또는 중성자선 출력부(12B)까지 수송하는 빔수송로(13)를 구비하고 있다. 가속기(11) 및 빔수송로(13)는, Y자형을 이루는 하전입자선 생성실(10a)의 실내에 배치되어 있다(도 3 참조). 하전입자선 생성실(10a)은, 콘크리트제의 차폐벽(W)으로 덮인 폐쇄공간이다.
- [0021] 가속기(11)는, 하전입자(예를 들면, 양자)를 가속하여, 하전입자선(P)(예를 들면, 양자선)을 만들어, 출사한다. 가속기(11)는, 예를 들면, 빔반경 40mm, 60kW($=30\text{MeV} \times 2\text{mA}$)의 하전입자선(P)을 생성하는 능력을 가지고 있다.
- [0022] 빔수송로(13)는, 하전입자선(P)을 중성자선 출력부(12A) 또는 중성자선 출력부(12B) 중 어느 일방에 선택적으로 출사한다. 빔수송로(13)는, 가속기(11)에 접속된 제1 수송부(14)와, 하전입자선(P)의 진행 방향을 전환하는 빔 방향 전환기(15)와, 하전입자선(P)을 중성자선 출력부(12A)에 수송하기 위한 제2 수송부(16A)와, 하전입자선(P)을 중성자선 출력부(12B)에 수송하기 위한 제3 수송부(16B)를 가지고 있다. 제2 수송부(16A)는, 빔 방향 전환기(15) 및 중성자선 출력부(12A)에 접속되어 있다. 제3 수송부(16B)는, 빔 방향 전환기(15) 및 중성자선 출력부(12B)에 접속되어 있다. 즉, 빔수송로(13)는, 빔 방향 전환기(15)에 있어서 제2 수송부(16A)와, 제3 수송부(16B)로 분기하고 있다.
- [0023] 빔 방향 전환기(15)는, 스위칭 전자석을 이용하여 하전입자선(P)의 진행 방향을 제어하는 것이다. 다만, 빔 방향 전환기(15)에는, 하전입자선(P)을 정규 궤도로부터 벗어나게 하여 빔덤프(도시생략)에 유도하는 것이 가능하게 되어 있다. 빔덤프에 의하면, 치료 전 등에 있어서 하전입자선(P)의 출력 확인을 행할 수 있다. 다만, 중성자 포착요법 시스템(100)은, 빔덤프를 구비하고 있지 않은 구성이어도 되고, 이 경우, 빔 방향 전환기(15)는, 빔덤프에는 접속되어 있지 않게 된다.
- [0024] 제1 수송부(14), 제2 수송부(16A) 및 제3 수송부(16B)의 각각은, 하전입자선(P)을 위한 빔조정부(17)를 포함하고 있다. 빔조정부(17)는, 하전입자선(P)의 축조정을 위한 수평형 스티어링 및 수평수직형 스티어링, 하전입자선(P)의 발산을 억제하기 위한 사중극 전자석, 및 하전입자선(P)의 정형을 위한 4방향 슬릿 등을 포함하고 있다. 다만, 제1 수송부(14), 제2 수송부(16A) 및 제3 수송부(16B)의 각각은, 빔조정부(17)를 구비하고 있지 않은 구성이어도 된다.
- [0025] 다만, 제2 수송부(16A) 및 제3 수송부(16B)는, 필요에 따라서 전류모니터를 포함해도 된다. 전류모니터는, 중성

자선 출력부(12A) 및 중성자선 출력부(12B)에 조사되는 하전입자선(P)의 전류값(즉, 전하, 조사선량률)을 리얼 타임으로 측정하는 것이다. 또, 제2 수송부(16A) 및 제3 수송부(16B)는, 필요에 따라서 하전입자선 주사부(18)(도 4 참조)를 포함해도 된다. 하전입자선 주사부(18)는, 하전입자선(P)을 주사하여, 타겟(T)(도 4 참조)에 대한 하전입자선(P)의 조사제어를 행하는 것이다. 하전입자선 주사부(18)는, 예를 들면, 하전입자선(P)의 타겟(T)에 대한 조사위치를 제어한다.

[0026] 도 4는, 중성자 포착요법 시스템(100)의 중성자선 출력부(12A)의 근방을 나타내는 도이다. 여기에서, 중성자선 출력부(12A)와 중성자선 출력부(12B)는 서로 동일한 구성을 가진다. 따라서, 이하에서 중성자선 출력부(12A)에 대하여 설명하고, 중성자선 출력부(12B)의 설명을 생략한다. 도 4에 나타내는 바와 같이, 중성자선 출력부(12A)는, 중성자선(N)을 생성하기 위한 타겟(T)과, 중성자선(N)을 감속하기 위한 감속재(12a)와, 차폐체(12b)를 포함하고 있다. 다만, 감속재(12a) 및 차폐체(12b)는, 모더레이터를 구성한다.

[0027] 타겟(T)은, 하전입자선(P)의 조사를 받아 중성자선(N)을 발생시키는 것이다. 타겟(T)은, 예를 들면, 베릴륨(Be)에 의하여 형성되며, 직경 160mm의 원판형상을 이루고 있다.

[0028] 감속재(12a)는, 타겟(T)으로부터 출사되는 중성자선(N)을 감속시키는 것이다. 감속재(12a)에 의하여 감속되어 소정의 에너지로 저감된 중성자선(N)은 치료용 중성자선이라고도 불린다. 감속재(12a)는, 예를 들면 다른 복수의 재료로 이루어지는 적층구조로 되어 있다. 감속재(12a)의 재료는, 하전입자선(P)의 에너지 등의 여러 조건에 의하여 적절히 선택된다. 예를 들면, 가속기(11)(도 2 참조)로부터의 출력이 30MeV인 양성자선이며, 타겟(T)으로서 베릴륨 타겟을 이용하는 경우에는, 감속재(12a)의 재료는, 납, 철, 알루미늄, 또는 불화 칼슘으로 할 수 있다. 또, 가속기(11)로부터의 출력이 11MeV인 양성자선이며, 타겟(T)으로서 베릴륨 타겟을 이용하는 경우에는, 감속재(12a)의 재료는, 중수(D₂O) 또는 불화 납으로 할 수 있다. 또, 가속기(11)로부터의 출력이 2.8MeV인 양성자선이며, 타겟(T)으로서 리튬 타겟을 이용하는 경우에는, 감속재(12a)의 재료는, 플루엔탈(Fluental)(상품명; 알루미늄, 불화 알루미늄, 불화 리튬의 혼합물)로 할 수 있다. 또, 가속기(11)로부터의 출력이 50MeV인 양성자선이며, 타겟(T)으로서 텅스텐 타겟을 이용하는 경우에는, 감속재(12a)의 재료는, 철 또는 플루엔탈로 할 수 있다.

[0029] 차폐체(12b)는, 중성자선(N) 및 당해 중성자선(N)의 발생에 따라 발생된 감마선 등의 방사선이 외부로 방출되지 않도록 차폐하는 것이며, 하전입자선 생성실(10a)과 조사실(30A)을 가로막는 벽(W1)(도 3 참조)에 적어도 그 일부가 매립되어 있다.

[0030] 중성자선 출력부(12A)에 있어서는, 하전입자선(P)이 타겟(T)에 조사되고, 이로써 중성자선(N)이 발생한다. 발생한 중성자선(N)은, 감속재(12a)에서 감속된다. 그리고, 감속재(12a)로부터 출사된 중성자선(N)이, 폴리에이터(86)를 통과하여 치료대(80) 상의 환자(S)에게 조사된다. 중성자선(N) 중에는, 속중성자선, 열외중성자선, 및 열중성자선이 포함되어 있으며, 또 감마선도 수반하고 있다. 이 중의 열중성자선이, 주로, 환자(S)의 체내의 중앙 중에 투입된 붕소와 핵반응하여 유효한 치료효과를 발휘한다. 다만, 중성자선(N)의 빔에 포함되는 열외중성자선의 일부도, 환자(S)의 체내에서 감속되어 상기 치료효과를 발휘하는 열중성자선이 된다. 열중성자선은, 0.5eV 이하의 에너지의 중성자선이다.

[0031] [조사실]

[0032] 조사실(30A, 30B)에 대하여 설명한다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(100)은, 2개의 조사실(30A, 30B)을 구비하고 있다. 조사실(30A)은, 제2 수송부(16A)가 뺀 방향의 연장선 상에 배치되어 있다. 조사실(30B)은, 제3 수송부(16B)가 뺀 방향의 연장선 상에 배치되어 있다. 다만, 중성자선(N)은, 제2 수송부(16A) 또는 제3 수송부(16B)가 뺀 방향과 교차하는 방향으로 취출할 수도 있다. 이 경우에는, 조사실(30A)의 배치는, 제2 수송부(16A)가 뺀 방향의 연장선 상에 제한되지 않고, 중성자선(N)의 취출 방향에 대응하는 위치에 조사실(30A)을 배치할 수 있다. 마찬가지로, 조사실(30B)의 배치도, 제3 수송부(16B)가 뺀 방향의 연장선 상에 제한되지 않고, 중성자선(N)의 취출 방향에 대응하는 위치에 조사실(30B)을 배치할 수 있다. 여기에서, 조사실(30B)은 조사실(30A)과 동일한 구성을 가진다. 따라서, 이하에서 조사실(30A)에 대하여 설명하고, 조사실(30B)의 설명을 생략한다.

[0033] 조사실(30A)은, 중성자선(N)을 환자(S)에게 조사하기 위하여, 환자(S)가 실내에 배치되는 방이다. 조사실(30A)의 크기는, 일례로서 폭 3.5m×깊이 5m×높이 3m이다. 조사실(30A)은, 차폐벽(W2)에 둘러싸인 차폐공간(30S)과, 치료대(80)를 출입시키기 위한 문(D1)을 구비하고 있다.

[0034] 또, 도 4에 나타내는 바와 같이, 조사실(30A)과 차폐체(12b)의 사이에는, 커버(벽체)(31)가 마련되어 있다. 커버(31)는, 조사실(30A)의 측벽면의 일부를 이룬다. 이 커버(31)에는, 중성자선(N)의 출력구가 되는 폴리에이터

장착부(31a)가 마련되어 있다. 콜리메이터 장착부(31a)는, 후술하는 콜리메이터(86)를 끼워 넣기 위한 개구이다.

[0035] 도 3에 나타내는 바와 같이, 차폐벽(W2)은, 조사실(30A)의 실외로부터 실내로 방사선이 침입하는 것, 및, 실내로부터 실외로 방사선이 방출되는 것이 억제된 차폐공간(30S)을 형성한다. 즉, 차폐벽(W2)은, 조사실(30A)의 실내로부터 실외로의 중성자선(N)의 방사를 차단하는 것이다. 이 차폐벽(W2)은, 하전입자선 생성실(10a)을 구획형성하는 차폐벽(W)과 일체로 형성되어 있어도 된다. 또, 차폐벽(W2)은, 두께가 2m 이상인 콘크리트제의 벽이어도 된다. 하전입자선 생성실(10a)과 조사실(30A)의 사이에는, 하전입자선 생성실(10a)과 조사실(30A)을 가로막는 벽(W1)이 마련되어 있다. 이 벽(W1)은, 차폐벽(W)의 일부를 이루고 있다.

[0036] 문(D1)은, 차폐공간(30S)에 있어서의 방사선이 연락실(40A)에 방사되는 것을 억제하기 위한 것이다. 연락실(40A)에 대해서는 후술한다. 문(D1)은, 연락실(40A)에 연통하는 출입구를 막도록 마련되어 있다. 문(D1)은, 납 등의 방사선 차폐부재로 이루어짐과 함께 소정의 두께를 가지고 있다. 문(D1)은, 조사실(30A)의 실내에 마련된 레일 상을 모터 등에 의하여 구동력이 부여되어 이동한다. 문(D1)이 중량물이기 때문에, 문(D1)을 구동하기 위한 기구에는, 고토크모터나 감속기 등이 이용된다. 또, 문(D1)은, 조사실(30A)로의 작업자의 출입을 알리는 기능을 가지고 있어도 된다. 예를 들면, 조사실(30A)의 실내에 치료대(80)가 배치된 상태에서, 문(D1)을 폐쇄함으로써 조사실(30A)로부터의 작업자의 퇴피를 확인하는 것이어도 된다.

[0037] 또, 조사실(30A)의 실내에는, 카메라(32)가 배치되어 있다. 카메라(32)는, 조사실(30A)의 실내에 있어서의 환자(S)의 상황을 관찰하기 위한 것이다. 카메라(32)는, 조사실(30A)의 실내에 있어서 환자(S)를 촬영 가능한 위치에 배치되어 있다. 카메라(32)는, 고정밀도의 화상을 취득할 필요는 없고, 환자(S) 상태를 확인 가능한 화상을 취득할 수 있으면 된다. 카메라(32)에는, 예를 들면 CCD 카메라를 이용할 수 있다.

[0038] [준비실]

[0039] 준비실(50A, 50B)에 대하여 설명한다. 중성자 포착요법 시스템(100)은, 2개의 준비실(50A, 50B)을 구비하고 있다. 준비실(50A)은, Y축 방향을 따라 조사실(30A)로부터 이간하도록 배치되어 있다. 여기에서, 준비실(50B)은 준비실(50A)과 동일한 구성을 가진다. 따라서, 이하에서 준비실(50A)에 대하여 설명하고 준비실(50B)의 설명을 생략한다.

[0040] 준비실(50A)은, 조사실(30A)에 있어서 환자(S)에게 중성자선(N)을 조사하기 위하여 필요한 작업을 실시하기 위한 방이다. 준비실(50A)에서는, 예를 들면, 치료대(80)로의 환자(S)의 구속이나, 콜리메이터(86)와 환자(S)의 위치맞춤이 실시된다(도 6 참조). 따라서, 준비실(50A)은, 치료대(80)를 배치 가능하고, 치료대(80)의 주위에서 작업자가 용이하게 준비 작업을 할 수 있을 정도의 크기를 가지고 있다.

[0041] 준비실(50A)과 조사실(30A)의 사이에는, 준비실(50A)과 조사실(30A)을 가로막는 벽(W3)이 마련되어 있다. 벽(W3)의 두께는, 예를 들면 3.2m이다. 즉, 준비실(50A)과 조사실(30A)은, Y축 방향을 따라 3.2m만큼 이간하고 있다.

[0042] 벽(W3)에는, 준비실(50A)로부터 조사실(30A)까지 연통하는 연락실(40A)이 마련되어 있다. 연락실(40A)은, 환자(S)를 구속한 치료대(80)를 준비실(50A)과 조사실(30A)의 사이에서 이동시키기 위한 방이다. 연락실(40A)은, 치료대(80)가 통과 가능한 폭을 가지고 있다. 또, 연락실(40A)은, 작업자가 걸어서 통행 가능한 높이를 가지고 있다. 따라서, 연락실(40A)의 크기는, 일례로서 폭 1.5m×깊이 3.2m×높이 2.0m이다. 준비실(50A)과 연락실(40A)의 사이에는, 문(D2)이 배치되어 있다. 다만, 준비실(50B)과 조사실(30B)을 가로막는 벽(W3)에는, 연락실(40B)이 마련되어 있다. 연락실(40B)은 연락실(40A)과 동일한 구성을 가진다.

[0043] 다만, 준비실(50A, 50B)은, 조사실(30A, 30B)과 같이 차폐벽(W)에 둘러싸인 차폐공간이어도 된다. 또, 준비실(50A, 50B)은, 차폐벽(W)에 둘러싸여 있지 않은 공간이어도 된다.

[0044] [관리실]

[0045] 중성자 포착요법 시스템(100)은, 1개의 관리실(70)을 구비하고 있다. 관리실(70)은, 중성자 포착요법 시스템(100)을 이용하여 실시되는 전체 공정을 관리하기 위한 방이다. 관리실(70)에는, 적어도 1명의 관리자가 입실하여, 관리실(70)의 실내에 배치된 감시 기기 및 중성자선 발생부(10)를 조작하기 위한 제어장치(71)를 이용하여 전체 공정을 관리한다. 예를 들면, 관리실(70)에 입실한 관리자는, 준비실(50A, 50B)에 있어서의 준비 작업 상황을 관리실(70)의 실내로부터 육안으로 확인한다. 또, 관리실(70)에 입실한 관리자는, 제어장치(71)를 조작하여, 예를 들면, 중성자선(N)을 조사해야 할 조사실(30A)에 대응하는 타겟(T)에 하전입자선(P)을 조사하도록 빔

수송로(13)를 제어한다. 또한, 관리실(70)에 입실한 관리자는, 제어장치(71)를 조작하여, 중성자선(N)의 조사의 개시와 정지를 제어한다. 다만, 중성자 포착요법에서는, 환자(S)에게는 준비실(50A, 50B)에 입실하기 전에도 다양한 준비(예를 들면, PET 검사나, 붕소(¹⁰B) 등의 투여 등)가 행해진다. 관리실(70)에서는, 이러한 사전 준비의 공정도 관리함으로써, 중성자 포착요법 시스템(100)에 의한 조사치료를 포함하는 중성자 포착요법의 전체 공정을 관리하는 것이어도 된다.

[0046] 관리실(70)은, 2개의 준비실(50A, 50B)에 인접하도록, 준비실(50A)과 준비실(50B)의 사이에 배치되어 있다. 관리실(70)은, 하나의 모서리부에 있어서 준비실(50A)과 인접하고, 다른 모서리부에 있어서 준비실(50B)과 인접하고 있다. 관리실(70)과 준비실(50A)의 사이에는, 준비실(50A)의 실내를 육안으로 보기 위한 창(72A)이 배치되어 있다. 관리실(70)과 준비실(50B)의 사이에는, 준비실(50B)의 실내를 육안으로 보기 위한 창(72B)이 배치되어 있다. 관리실(70)에는, 조사실(30A, 30B)의 실내에 마련된 카메라(32)의 화상을 표시하기 위한 모니터(73)가 배치되어 있다. 관리자는, 이 모니터(73)에 표시된 카메라 화상에 의하여, 조사실(30A)의 실내에 있어서의 환자(S)의 상황을 확인할 수 있다.

[0047] [치료대]

[0048] 치료대(재치대)(80)에 대하여 설명한다. 도 5는, 중성자 포착요법 시스템(100)의 치료대(80)를 나타내는 사시도이다. 치료대(80)는, 중성자 포착요법용의 재치대이다. 치료대(80)는, 환자(S)를 소정의 자세로 구속함과 함께, 자세를 구속한 채로 준비실(50A)로부터 조사실(30A)로 이동시키기 위한 것이다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 치료대(80)는, 토대부(81)와, 토대부(81)를 마루면 상에서 이동시키기 위한 구동부(82)와, 환자(S)를 재치하기 위한 천판(재치부)(83)과, 천판(83)을 토대부(81)에 대하여 상대적으로 이동시키기 위한 로봇암(84)과, 중성자선(N)의 조사시야를 규정하기 위한 콜리메이터(86)와, 콜리메이터(86)를 토대부(81)에 고정하기 위한 콜리메이터 고정부(87)를 구비하고 있다.

[0049] 토대부(81)는, 치료대(80)의 기체부를 이룬다. 토대부(81)는, 기초부(81a)와 기초부(81a) 상에 배치된 지지부(81b)를 가지고 있다. 기초부(81a)는, 평면에서 보아 제1 변(81c)과 제2 변(81d)을 포함하는 직사각형상의 외형형상을 가지고 있다. 예를 들면, 제1 변(81c)은, 제2 변(81d)보다 길게 되어 있다. 이 기초부(81a)의 제1 변(81c) 또는 제2 변(81d) 중 적어도 일방의 길이는, 연락실(40A, 40B)의 폭보다 작게 되어 있다. 지지부(81b)는, 직육면체형상의 외형형상을 가지고 있다. 지지부(81b)의 하면은 기초부(81a)의 상면에 고정되어 있다. 지지부(81b)의 상면에는, 로봇암(84)과 콜리메이터 고정부(87)가 배치되어 있다.

[0050] 구동부(82)는, 토대부(81)에 있어서의 기초부(81a)의 하면측에 마련되어 있다. 구동부(82)는, 토대부(81), 로봇암(84), 천판(83), 콜리메이터(86), 콜리메이터 고정부(87) 및 환자(S)의 모든 중량을 지지함과 함께, 그들을 마루면 상에서 이동 가능하게 한다. 구동부(82)는, 예를 들면, 4개의 차륜을 이용할 수 있다. 이들 차륜에는, 마루면 상에서 이동시키기 위한 구동력이 모터 등에 의하여 부여된다.

[0051] 로봇암(84)은, 천판(83)을 토대부(81)에 대하여 상대적으로 이동시키기 위한 것이다. 즉, 로봇암(84)은, 천판(83) 상에 구속된 환자(S)를, 토대부(81)에 고정된 콜리메이터(86)에 대하여 상대적으로 이동시키기 위한 것이다. 마루면으로부터 천판(83)까지의 높이에는 특별히 제한은 없지만, 천판(83) 상의 환자(S)의 구속 등을 용이하게 실시할 수 있을 정도의 높이로 설정되어 있는 것이 바람직하다. 로봇암(84)은, 토대부(81)의 상면측에 배치된 승강부(84a)와, 일단측이 승강부(84a)에 대하여 연직회전축(A1) 둘레로 회전 가능하게 마련된 제1 암(84b)과, 일단측이 제1 암(84b)의 타단측에 대하여 연직회전축(A2) 둘레로 회전 가능하게 마련된 제2 암(84c)을 포함하고 있다. 즉, 로봇암(84)은, 수평 방향으로 서로 이간한 2개의 연직회전축(A1, A2)을 가지고 있다.

[0052] 천판(83)은, 길이 방향을 가지는 평판형상의 외형형상을 가지고 있다. 이 천판(83)은, 토대부(81)에 대한 위치를 조정 가능하게 구성되어 있다. 천판(83)의 길이 방향의 길이는, 환자(S)가 신체를 눕히는 것이 가능한 길이, 예를 들면 2m의 길이로 되어 있다. 천판(83)의 일단측은, 제2 암(84c)의 타단측에 있어서 연직축(A3) 둘레로 회전 가능하게 장착되어 있다. 이 천판(83)에는, 환자(S)의 몸을 고정하기 위한 구속구(도시생략)가 마련되어 있다. 다만, 구속구는, 천판(83)에 장착되어 있어도 된다.

[0053] 이러한 로봇암(84)에 의하면, 제1 암(84b)을 승강부(84a)에 대하여 연직회전축(A1) 둘레로 회전시키고, 제2 암(84c)을 제1 암(84b)에 대하여 연직회전축(A2) 둘레로 회전시키며, 천판(83)을 제2 암(84c)에 대하여 연직회전축(A3) 둘레로 회전시킴으로써, XY평면 내에 있어서 원하는 위치로 천판(83)을 이동시킬 수 있다. 또한, 중성자선(N)의 조사 방향에 대하여 환자(S)의 신체를 연직축 둘레로 회전시킬 수 있다. 또, 승강부(84a)를 지지부(81b)에 대하여 상하이동시킴으로써, 천판(83)을 Z축 방향으로 이동시킬 수 있다. 따라서, 이러한 로봇암(84)에

의하면, 토대부(81)에 고정된 콜리메이터(86)에 대한 환자(S)의 자세의 자유도를 높일 수 있다.

- [0054] 콜리메이터(86)는, 중성자선(N)의 조사범위를 규제하기 위한 것이다. 콜리메이터(86)에는, 조사범위를 규정하기 위한 예를 들면 원형의 개구(86a)가 마련되어 있다. 이하, 콜리메이터(86)에 의하여 규정되는 조사범위의 중심(개구(86a)의 중심)을 지나, 치료대(80)를 조사실(30A, 30B)에 배치하여 중성자선(N)을 조사했을 때에, 중성자선(N)의 상하류 방향으로 뻗어 있는 가상의 축선을 “조사중심축선”이라고 하고, 부호 “C”를 붙여 나타낸다. 또, 콜리메이터(86)는, 예를 들면 사각형의 평판형상을 이루고 있다. 콜리메이터(86)의 외형형상은, 조사실(30A)에 있어서의 콜리메이터 장착부(31a)의 내면 형상에 대응하고 있다.
- [0055] 콜리메이터 고정부(87)는, 토대부(81)의 지지부(81b)에 있어서의 상면에 고정되어 있다. 콜리메이터 고정부(87)는, 콜리메이터(86)를 토대부(81)에 대하여 일정한 위치로 유지하기 위한 것이다. 콜리메이터 고정부(87)는, 수평조각(87a)과 기립편(87b)을 가지고, 대략 L자형의 형상을 이루고 있다. 수평조각(87a)은, 일단부가 지지부(81b)에 고정되고, 타단부가 지지부(81b)의 측면(81e)으로부터 X축을 따른 방향으로 돌출되어 있다. 수평조각(87a)의 수평 방향(Y축)의 폭은, 토대부(81)의 수평 방향(Y축)의 폭보다 작게 되어 있다. 기립편(87b)은, 일단부가 수평조각(87a)의 타단부에 고정되고 상방향으로 뻗은 선단인 타단부에는 콜리메이터(86)가 장착되어 있다.
- [0056] *기립편(87b)은, 토대부(81)의 측면(81e)보다 X축을 따른 방향으로 돌출된 수평조각(87a)에 고정되어 있기 때문에, 콜리메이터(86)는, 토대부(81)의 측면(81e)보다 수평 방향으로 돌출된 위치에 보유되어 있다. 이러한 위치에 콜리메이터(86)를 보유함으로써, 콜리메이터(86)를 커버(31)의 콜리메이터 장착부(31a)에 장착할 때에, 토대부(81) 및 천판(83) 등이 커버(31)에 간섭하는 것을 억제할 수 있다.
- [0057] 콜리메이터 고정부(87)의 수평 방향의 폭(H1)은, 토대부(81)의 수평 방향의 폭(H2)보다 작게 되어 있다. 여기에서, 콜리메이터 고정부(87)의 수평 방향의 폭(H1)이란, Y축을 따른 방향에 있어서의 콜리메이터 고정부(87)의 최대 폭을 말한다. 즉, 폭(H1)은, 조사중심축선(C)의 방향(X축)과 연직 방향(Z축)에 직교하는 방향(Y축)에 있어서의 최대 폭이다. 또, 토대부(81)의 수평 방향의 폭(H2)이란, Y축을 따른 방향에 있어서의 토대부(81)의 최대 폭을 말한다. 즉, 폭(H2)은, 기초부(81a)의 제1 변(81c)의 길이이다. 또, 콜리메이터(86)의 수평 방향의 폭(H3)은, 토대부(81)의 수평 방향의 폭(H2)보다 작게 되어 있다. 여기에서 콜리메이터(86)의 수평 방향의 폭(H3)이란, Y축을 따른 방향에 있어서의 콜리메이터(86)의 최대 폭을 말한다.
- [0058] 치료대(80)에는, 토대부(81)에 고정된 콜리메이터(86)가 장착되어 있음과 함께, 토대부(81)에 대하여 상대적으로 이동 가능한 천판(83)이 장착되어 있다. 이로 인하여, 콜리메이터(86)의 개구(86a)에 대하여, 천판(83) 상에 있어서 구속된 환자(S)의 자세를 소정의 위치로 유지할 수 있다. 따라서, 환자(S)에 있어서의 소정의 조사목표에 콜리메이터(86)의 개구(86a)를 통과한 중성자선(N)을 조사하는 것이 가능해진다.
- [0059] 치료대(80)에는, 구동부(82)가 마련되어 있기 때문에, 콜리메이터(86)에 대한 환자(S)의 자세를 유지한 채로 이동할 수 있다. 따라서, 환자(S)에 있어서의 조사목표와, 콜리메이터(86)의 조사중심축선(C)의 위치맞춤을 조사실(30A)에 있어서 실시하지 않고, 미리 준비실(50A, 50B)에 있어서 실시하는 것이 가능해진다. 또, 치료대(80)를 조사실(30A)의 실외로 이동시켜 치료대(80)의 메인터넌스를 행함으로써, 방사선량이 많은 장소에 있어서의 치료대(80)의 메인터넌스에 필요한 작업 시간을 저감할 수 있다.
- [0060] 치료대(80)는, 콜리메이터 고정부(87)의 최대 폭(H1)이 토대부(81)의 최대 폭(H2) 이하로 되어 있기 때문에, 치료대(80)가 통과하는 장소에 있어서, 치료대(80)가 통과하기 위하여 필요한 폭은 토대부(81)의 최대 폭(H2)에 따라 결정된다. 따라서, 치료대(80)가 통과하는 장소에 부대 설비를 마련하는 경우이더라도, 치료대(80)를 통과시키기 위하여 부대 설비를 대형화하는 것을 억제할 수 있다. 즉, 연락실(40A, 40B)의 폭의 확대를 억제할 수 있음과 함께, 문(D1) 및 문(D2)과 같은 부대 설비의 대형화를 억제할 수 있다. 또한, 문(D1) 및 문(D2)의 대형화가 억제되기 때문에, 문(D1) 및 문(D2)의 개폐 시에 있어서의 안전성을 높일 수 있음과 함께, 문(D1) 및 문(D2)의 구동 기구의 고출력화를 억제하여 구동 기구를 간이화할 수 있다. 또한, 문(D1) 및 문(D2)의 대형화가 억제되어, 문(D1) 및 문(D2)의 구동 기구가 간소화되기 때문에, 중성자 포착요법 시스템(100) 전체의 시공 코스트의 증가를 억제할 수 있다.
- [0061] 치료대(80)는, 콜리메이터 고정부(87)가 토대부(81)의 측면(81e)으로부터 돌출되어 있기 때문에, 콜리메이터 고정부(87)에 고정된 콜리메이터(86)는 토대부(81)의 측면(81e)으로부터 돌출된 위치에 보유된다. 따라서, 콜리메이터(86)를 커버(31)의 콜리메이터 장착부(31a)에 장착할 때에, 토대부(81)가 커버(31)에 간섭하는 일이 없기 때문에, 콜리메이터(86)를 콜리메이터 장착부(31a)에 용이하게 장착할 수 있다.

- [0062] 치료대(80)는, 토대부(81)에 대하여 천판(83)을 회전축(A1, A2, A3) 둘레로 회전시킴으로써, 천판(83)의 길이 방향을 치료대(80)의 이동 방향에 맞출 수 있다. 이로 인하여, 치료대(80)가 통과하는 출입구 등의 크기는, 천판(83)의 길이 방향의 길이가 아닌, 토대부(81)의 크기에 의하여 규정되게 된다. 따라서, 치료대(80)가 통과하는 출입구 등의 크기의 확대를 더 억제할 수 있다. 즉, 치료대(80)가 이동하는 연락실(40A, 40B)의 폭은, 치료대(80)의 토대부(81)의 제1 변(81c) 또는 제2 변(81d)에 의하여 규정되게 된다.
- [0063] [치료의 흐름]
- [0064] 중성자 포착요법 시스템(100)을 이용한 치료의 흐름을 설명한다. 먼저, 중성자 포착요법 시스템(100)에 입실하기 전의 소정의 준비를 환자(S)에 대하여 행한다. 이어서, 환자(S) 및 작업자를 준비실(50A)로 유도하여, 환자(S)를 천판(83) 상에 눕게 한다. 그리고, 작업자는, 구속구를 이용하여 천판(83)에 대하여 환자(S)의 신체를 구속한다. 다음으로, 환자(S)와, 콜리메이터(86)의 위치맞춤을 실시한다. 보다 상세하게는, 환자(S)에 있어서의 조사목표와, 콜리메이터(86)의 조사중심축선(C)의 위치맞춤을 실시한다.
- [0065] 도 6은, 환자(S)와 콜리메이터(86)의 위치맞춤을 설명하기 위한 도이다. 도 6의 (a) 및 도 6의 (b)에 나타내는 바와 같이, 환자(S)가 천판(83) 상에 구속된 직후에는, 조사목표(R)와 조사중심축선(C)은, YZ평면 내에 있어서 어긋나 있는 경우가 있다. 이 설명에서는, 조사목표(R)는, 조사중심축선(C)에 대하여 Y축 방향으로 Yd만큼 어긋나 있으며, Z축 방향으로 Zd만큼 어긋나 있는 것으로 한다. 따라서, 도 6의 (c) 및 도 6의 (d)에 나타내는 바와 같이, 작업자는, 로봇암(84)의 승강부(84a)를 구동하여 천판(83)을 Z축 방향으로 거리 Zd만큼 이동시킴과 함께, 로봇암(84)의 제1 암(84b) 및 제2 암(84c)을 구동하여 천판(83)을 Y축 방향으로 거리 Yd만큼 이동시킨다. 이 이동에 의하여, 조사목표(R)를 조사중심축선(C) 상에 위치맞출 수 있다. 다만, 필요에 따라서, 로봇암(84)을 구동하여, 콜리메이터(86)로부터 조사목표(R)까지의 사이의 X축 방향을 따른 거리를 조정해도 된다. 또한, 필요에 따라서, 로봇암(84)을 연직회전축(A1~A3) 둘레로 회전 구동하여, 환자(S)에 대한 중성자선(N)의 조사 방향을 조정해도 된다. 이 준비실(50A)의 실내에 있어서 실시되는 작업 상황은, 인접한 관리실(70)에 입실한 관리자에 의하여 감시된다.
- [0066] 도 3에 나타내는 바와 같이, 환자(S)와 콜리메이터(86)의 위치맞춤이 종료된 후에, 치료대(80)를 조사실(30A)로 이동시킨다. 이 때, 조사실(30A)로의 입실 여부는, 관리실(70)의 관리자가 결정해도 된다. 예를 들면, 준비실(50A)에 있어서의 작업이 완료된 것을, 작업자가 관리자에게 보고한다. 보고를 받은 관리자는, 조사실(30A)로의 입실이 가능하다고 판단하면, 준비실(50A)과 연락실(40A)을 가로막는 문(D2)을 개방한다. 그리고, 작업자는, 치료대(80)의 구동부(82)를 조작하여 치료대(80)를 연락실(40A)로 이동시킨다. 이 때, 작업자는, 치료대(80)에 따라 붙어, 치료대(80)와 함께 연락실(40A)로 이동한다.
- [0067] 작업자와 치료대(80)가 연락실(40A)에 입실하면, 관리자는 문(D2)을 폐쇄한다. 폐쇄한 후에, 관리자는, 연락실(40A)과 조사실(30A)을 가로막는 문(D1)을 개방한다. 다만, 문(D1, D2)의 개폐 순서는 이 순서에 한정되지 않고, 예를 들면, 문(D1)과 문(D2)을 동시에 개방해도 된다. 작업자는, 치료대(80)의 구동부(82)를 조작하여, 치료대(80)를 조사실(30A)의 실내로 이동시킴과 함께, 작업자 자신도 조사실(30A)의 실내로 이동한다. 조사실(30A)의 실내에서 실시되는 작업은, 주로, 콜리메이터(86)를 커버(31)에 마련된 콜리메이터 장착부(31a)에 장착하는 작업이다(도 6의 (e) 참조). 콜리메이터(86)의 장착이 완료되면, 작업자는, 연락실(40A)로 이동하고, 연락실(40A)의 실내에 마련된 스위치 등을 이용하여, 문(D1)을 폐쇄한다. 이 폐쇄에 의하여, 작업자가 조사실(30A)로부터 퇴피한 것이 관리실에 보고된다.
- [0068] 작업자가 준비실(50A)까지 퇴피한 것을 관리실(70)의 관리자가 육안으로 확인한 후에, 관리자는, 제어장치(71)를 조작하여, 중성자선(N)의 조사를 개시한다. 조사 시간은, 일례로서 1시간 정도이다. 조사 중의 환자(S)의 상황은, 조사실(30A)의 실내에 마련된 카메라(32)의 화상을 관리실(70)의 모니터(73)를 이용하여 감시한다. 다만, 관리자가, 치료 중인 환자(S)에게서 이상을 확인한 경우에는 조사 중지의 판단을 행한다.
- [0069] 제어장치(71)에 미리 입력된 조사 시간이 경과하면, 제어장치(71)는 자동적으로 중성자선(N)의 조사를 정지한다. 그리고, 작업자가 조사실(30A)의 실내로 입실하여, 치료대(80)를 준비실(50A)까지 이동시킨다. 준비실(50A)의 실내에 있어서, 구속구에 의한 환자(S)의 고정을 해제하고, 환자(S)를 준비실(50A)의 실외로 유도한다. 이상에 의하여, 중성자 포착요법 시스템(100)을 이용한 중성자 포착요법이 완료된다.
- [0070] 중성자 포착요법 시스템(100)에 의하면, 복수의 조사실(30A, 30B)의 각각에 선택적으로 중성자선(N)을 조사할 수 있다. 또, 중성자 포착요법 시스템(100)에 의하면, 각각의 준비실(50A, 50B)에서는, 환자(S)에게 중성자선(N)을 조사하기 위한 준비 작업이 실시되기 때문에, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 준비 작업의 시간이

단축된다. 따라서, 환자(S)가 조사실(30A, 30B)에 배치되어 있는 시간에 있어서의 중성자선(N)의 조사 시간이 차지하는 비율이 높아지기 때문에, 조사실(30A, 30B)의 이용 효율을 높일 수 있다. 또한, 중성자 포착요법은, X 선 치료나 양성자선 치료와 같은 방사선 치료보다 조사 시간이 길다. 이로 인하여, 중성자 포착요법 시스템(100)에 있어서, 예를 들면 일방의 조사실(30A)에 있어서의 치료와 병행하여, 타방의 조사실(30B) 또는 준비실(50B)에 있어서 준비 작업을 실시하는 것에 의한 효율화는, 시스템 전체의 가동 효율의 향상에 크게 공헌한다. 그리고, 중성자 포착요법 시스템(100)에 의하면, 중성자선(N)을 조사실(30A, 30B)에 조사하기 위한 제어가 하나의 관리실(70)에 있어서 실시되기 때문에, 중성자선 점유의 조정을 효율화하여, 가속기(11)의 이용 효율을 높일 수 있다. 따라서, 중성자 포착요법 시스템(100)에 의하면, 조사실(30A, 30B)의 이용 효율을 높임과 함께 가속기(11)의 이용 효율을 높일 수 있기 때문에, 시스템 전체의 가동 효율을 높일 수 있다.

[0071] 중성자 포착요법 시스템(100)은, 관리실(70)로부터 준비실(50A, 50B)의 실내를 관찰 가능한 창(72A, 72B)을 구비하고 있다. 이 구성에 의하면, 관리실(70)로부터 각각의 준비실(50A, 50B)의 실내를 관찰 가능하기 때문에, 각각의 준비실(50A, 50B)에 대한 환자(S)의 출입 및 준비실(50A, 50B)의 실내에 있어서의 준비 작업의 진행 정도를 파악할 수 있다. 따라서, 중성자 포착요법 시스템(100)의 가동 효율을 더 높일 수 있다.

[0072] 중성자 포착요법 시스템(100)은, 관리실(70)로부터 조사실(30A, 30B)의 실내를 관찰하기 위한 카메라(32)를 더 구비하고 있다. 이 구성에 의하면, 카메라(32)를 통하여 관리실(70)로부터 각각의 조사실(30A, 30B)의 실내를 관찰 가능하기 때문에, 각각의 조사실(30A, 30B)에 있어서의 환자(S)의 상황을 파악할 수 있다. 따라서, 중성자 포착요법 시스템(100)의 안전성을 높일 수 있다.

[0073] 중성자 포착요법 시스템(100)은, 치료대(80)가 조사실(30A, 30B)의 실내와 실외의 사이를 이동 가능하기 때문에, 환자(S)에게 중성자선(N)을 조사하기 위한 준비 작업을, 치료대(80)를 조사실(30A, 30B)의 실외로 이동시킨 후에 조사실(30A, 30B)의 실외에 있어서 실시할 수 있다. 따라서, 조사실(30A, 30B)의 실내에 있어서의 준비 작업의 일부를 조사실(30A, 30B)의 실외에서 실시할 수 있기 때문에, 조사실(30A, 30B)의 실내에 있어서의 준비 작업에 필요한 시간을 단축할 수 있다.

[0074] 중성자 포착요법 시스템(100)은, 가속기(11)에서 발생시킨 하전입자선(P)을 타겟(T)에 조사하여 중성자를 발생시킨다. 이러한 중성자선 발생부(10)에 의하면, 중성자 포착요법 시스템(100)을 소형화할 수 있다.

[0075] 본 발명의 중성자 포착요법 시스템에서는, 준비실 및 조사실의 수는 2개에 한정되지 않는다. 도 7은, 변형예에 따른 중성자 포착요법 시스템(101)의 구성을 나타내는 도이다. 도 7에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(101)은, 3개의 조사실(30A, 30B, 30C)과 3개의 준비실(50A, 50B, 50C)을 구비하고 있어도 된다. 이 경우에는, 중성자선 발생부(10)는, 조사실(30A, 30B, 30C)의 각각에 대응하는 3개의 중성자선 출력부(12A, 12B, 12C)를 포함하고 있다. 빔수송로(13)는, 하전입자선(P)을 중성자선 출력부(12A)에 수송하는 제2 수송부(16A)와, 하전입자선(P)을 중성자선 출력부(12B)에 수송하는 제3 수송부(16B)와, 하전입자선(P)을 중성자선 출력부(12C)에 수송하는 제4 수송부(16C)를 가지고 있다. 또한, 관리실(70)은, 모든 준비실(50A, 50B, 50C)에 인접하도록 배치되어 있다. 또, 관리실(70)과 준비실(50A)의 사이에는 창(72A)이 마련되고, 관리실(70)과 준비실(50B)의 사이에는 창(72B)이 마련되며, 관리실(70)과 준비실(50C)의 사이에는 창(72C)이 마련되어 있다.

[0076] 변형예에 따른 중성자 포착요법 시스템(101)은, 중성자 포착요법 시스템(100)과 동일한 효과를 나타낼 수 있다. 즉, 중성자 포착요법 시스템(101)은, 중성자선(N)을 조사실(30A, 30B, 30C)로 선택적으로 조사하기 위한 제어가 하나의 관리실(70)에 있어서 실시되기 때문에, 가속기(11)의 이용 효율이 높아진다. 따라서, 시스템 전체의 가동 효율을 높일 수 있다.

[0077] *<제2 실시형태>

[0078] 제2 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템에 대하여 설명한다. 도 8은, 제2 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(102)의 구성을 나타내는 도이다. 도 8에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(102)은, 준비실을 구비하고 있지 않은 점, 및 관리실(70)이 2개의 조사실(30A, 30B)에 인접하여 배치되어 있는 점에서 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(100)과 상이하다. 그 외의 구성은 중성자 포착요법 시스템(100)과 동일하기 때문에, 이하, 중복되는 설명을 생략한다.

[0079] 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(100)에서는, 준비실(50A, 50B)의 실내에 있어서, 치료대(80)로의 환자(S)의 구속과, 콜리메이터(86)와 환자(S)의 위치맞춤을 실시했다. 이러한 작업은, 조사실(30A, 30B)에 병설된 준비실(50A, 50B)과는 다른 장소에서 실시되어도 된다. 제2 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(102)에

서는, 치료대(80)를 차폐벽(W)에 둘러싸인 조사실(30A, 30B)의 실내로부터 차폐벽(W)에 둘러싸여 있지 않은 실외로 반출한 후에, 소정의 장소로 이동시킨다. 그리고, 소정의 장소에 있어서, 치료대(80)로의 환자(S)의 구속과, 콜리메이터(86)와 환자(S)의 위치맞춤 등의 준비 작업을 실시한다. 따라서, 중성자 포착요법 시스템(102)은, 준비실(50A, 50B)을 구비하지 않는 구성으로 할 수 있다.

[0080] 중성자 포착요법 시스템(102)에서는, 중성자선(N)을 조사실(30A) 또는 조사실(30B)로 조사하기 위한 제어기가 하나의 관리실(70)에 있어서 실시되기 때문에, 중성자선(N)의 점유의 조정을 효율화하여 가속기(11)의 이용 효율을 높일 수 있다. 따라서, 중성자 포착요법 시스템(102)에 의하면, 가속기(11)의 이용 효율이 높아지기 때문에, 시스템 전체의 가동 효율을 높일 수 있다.

[0081] 도 9는, 변형예에 따른 중성자 포착요법 시스템(103)의 구성을 나타내는 도이다. 도 9에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(103)은, 3개의 조사실(30A, 30B, 30C)을 구비하고 있어도 된다. 이 경우에는, 중성자선 발생부(10)는, 조사실(30A, 30B, 30C)의 각각에 대응하는 3개의 중성자선 출력부(12A, 12B, 12C)를 포함하고 있다. 또한, 관리실(70)은, 모든 조사실(30A, 30B, 30C)에 인접하도록 배치되어 있다.

[0082] 중성자 포착요법 시스템(103)은, 중성자 포착요법 시스템(102)과 동일한 효과를 나타낼 수 있다. 즉, 중성자 포착요법 시스템(103)은, 중성자선(N)을 조사실(30A, 30B, 30C)에 선택적으로 조사하기 위한 제어기가 하나의 관리실(70)에 있어서 실시되기 때문에, 가속기(11)의 이용 효율이 높아진다. 따라서, 시스템 전체의 가동 효율을 높일 수 있다.

[0083] <제3 실시형태>

[0084] 제3 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템에 대하여 설명한다. 도 10은, 제3 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(104)의 구성을 나타내는 도이다. 도 11은, 중성자 포착요법 시스템(104)의 배치를 나타내는 도이다. 도 10 및 도 11에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(104)에서는, 치료대(80)에 콜리메이터(86)가 장착되어 있지 않은 점, 콜리메이터(86)가 조사실(30A, 30B)에 마련되어 있는 점, 및 더미콜리메이터(51)가 준비실(50A, 50B)에 마련되어 있는 점에서 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(100)과 상이하다. 상기 상이한 점 이외에, 이하, 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(100)과 다른 구성에 대하여 상세하게 설명한다.

[0085] 조사실(30A, 30B)은, 커버(31)의 콜리메이터 장착부(31a)에 장착된 콜리메이터(86)를 가지고 있다. 또, 조사실(30A, 30B)은, 조사실(30A, 30B)의 실내에 있어서 치료대(80)를 소정의 위치에 위치결정하기 위한 기준부(제1 위치규정부)(33)를 가지고 있다. 이 기준부(33)와 치료대(80)의 소정의 장소에 마련된 표지를 맞춤으로써, 치료대(80)를 항상 동일한 위치에 배치하는 것이 가능해진다. 즉, 콜리메이터(86)에 대한 치료대(80)의 위치를 중성자선(N)의 조사마다 일정하게 할 수 있다.

[0086] 준비실(50A, 50B)은, 더미콜리메이터(표지)(51)를 가지고 있다. 더미콜리메이터(51)는, 환자(S)의 위치맞춤을 위한 표지이다. 더미콜리메이터(51)는, 조사실(30A, 30B)의 콜리메이터(86)의 개구(86a)와 대략 동일 형상의 개구를 가지고 있다. 또, 준비실(50A, 50B)은, 준비실(50A, 50B)의 실내에 있어서 치료대(80)를 소정의 위치에 위치결정하기 위한 기준부(제2 위치규정부)(52)를 가지고 있다. 이 기준부(52)와 치료대(80)의 소정의 장소에 마련된 표지를 맞춤으로써, 치료대(80)를 항상 동일한 위치에 배치하는 것이 가능해진다. 다만, 더미콜리메이터(51)는, 콜리메이터(86)의 형상을 모의한 입체적인 물체가 아니어도 되고, 콜리메이터(86)를 평면에서 본 형상을 나타내는 도형이어도 된다. 예를 들면, 스크린에 투영된 콜리메이터(86)의 투영상이어도 되고, 모니터에 표시된 콜리메이터(86)의 화상이어도 된다. 또, 더미콜리메이터(51)는, 준비실(50A)의 벽면에 묘화된 표지여도 된다.

[0087] 여기에서, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 콜리메이터(86) 및 기준부(33)의 관계와, 준비실(50A, 50B)에 있어서의 더미콜리메이터(51) 및 기준부(52)의 관계에 대하여 설명한다. 더미콜리메이터(51)에 대한 기준부(52)의 위치관계는, 콜리메이터(86)에 대한 기준부(33)의 위치관계와 동일하다고 여겨지고 있다. 즉, 중성자 포착요법 시스템(104)의 준비실(50A, 50B)에서는, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 콜리메이터(86)와 치료대(80)의 위치관계를 모의할 수 있다. 이로 인하여, 준비실(50A, 50B)에 있어서 더미콜리메이터(51)에 대하여 환자(S)의 위치맞춤을 실시하는 것과, 조사실(30A, 30B)에 있어서 콜리메이터(86)에 대하여 환자(S)의 위치맞춤을 실시하는 것은, 동일한 의미를 가진다.

[0088] 중성자 포착요법 시스템(104)에 있어서의 환자(S)와 콜리메이터(86)의 위치맞춤에 대하여 더 설명한다. 이하의 설명에서는, 조사실(30A) 및 준비실(50A)에 있어서의 작업을 예로 들어 설명한다.

- [0089] 도 12는, 환자(S)와 콜리메이터(86)의 위치맞춤을 설명하기 위한 도이다. 먼저, 콜리메이터(86)를 치료대(80)에 배치함과 함께 더미콜리메이터(51)를 준비실(50A)의 더미콜리메이터 장착위치에 배치한다. 콜리메이터(86) 및 더미콜리메이터(51)는, 환자(S)마다 준비한다. 이어서, 도 12의 (a) 및 도 12의 (b)에 나타내는 바와 같이, 치료대(80)를 기준부(52a, 52b)를 이용하여 위치결정을 행하고, 치료대(80)를 고정한다. 여기에서, 기준부(52a)는, X축 방향에 있어서의 치료대(80)의 위치를 규정하는 것이다. 또, 기준부(52b)는, Y축 방향에 있어서의 치료대(80)의 위치를 규정하는 것이다.
- [0090] 다음으로, 환자(S)를 천판(83) 상에서 구속한다. 구속 직후에는, 더미콜리메이터(51)의 조사중심축선(C)에 대하여 환자(S)의 조사목표(R)의 위치가 어긋나 있다. 따라서, 도 12의 (c) 및 도 12의 (d)에 나타내는 바와 같이, 치료대(80)의 승강부(84a)를 조작하여 천판(83)을 Z축을 따른 방향으로 이동시킴으로써, 조사중심축선(C)과 환자(S)의 조사목표(R)의 Z축 방향의 위치를 맞춘다. 이어서, 치료대(80)의 로봇암(84)을 조작하여 천판(83)을 XY 평면을 따른 방향으로 이동시킴으로써, 조사중심축선(C)과 환자(S)의 조사목표(R)의 Y축 방향의 위치를 맞춘다.
- [0091] 준비실(50A)에서의 위치맞춤이 완료되면, 치료대(80)를 조사실(30A)에 이동시킨다. 그리고, 치료대(80)를, 기준부(33a, 33b)를 이용하여 위치결정을 행한 후에 고정한다. 여기에서, 기준부(33a)는, X축 방향에 있어서의 치료대(80)의 위치를 규정하는 것이다. 또, 기준부(33b)는, Y축 방향에 있어서의 치료대(80)의 위치를 규정하는 것이다. 기준부(33a, 33b)를 이용한 위치결정에 의하여, 준비실(50A)에서 조정된 더미콜리메이터(51)와 환자(S)의 위치관계가, 조사실(30A)의 실내에 있어서 재현된다. 즉, 콜리메이터(86)의 조사중심축선(C)의 위치에 대하여, 환자(S)의 조사목표(R)가 위치맞춤된 상태가 재현된다. 이와 같이, 중성자 포착요법 시스템(104)에 의하면, 조사실(30A)에서는 기준부(33)를 이용한 위치결정 작업을 행하는 것만으로, 콜리메이터(86)의 조사중심축선(C)의 위치에 대하여, 환자(S)의 조사목표(R)가 위치맞춤된 상태로 할 수 있다. 따라서, 조사실(30A)의 실내에 있어서의 작업 시간을 단축할 수 있다.
- [0092] 중성자 포착요법 시스템(104)에 의하면, 제1 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템(100)과 동일한 효과를 나타낼 수 있다. 즉, 중성자 포착요법 시스템(104)은, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 작업의 일부를 미리 준비실(50A, 50B)에서 실시하는 것이 가능하기 때문에, 조사실(30A, 30B)의 이용 효율을 높일 수 있다. 또, 중성자 포착요법 시스템(104)은, 중성자선(N)을 조사실(30A, 30B, 30C)에 선택적으로 조사하기 위한 제어기가 하나의 관리실(70)에 있어서 실시되기 때문에, 가속기(11)의 이용 효율이 높아진다. 따라서, 시스템 전체의 가동 효율을 높일 수 있다.
- [0093] 중성자 포착요법 시스템(104)에 의하면, 준비실(50A, 50B)에 있어서 더미콜리메이터(51)에 대하여 환자(S)를 위치맞춤함으로써, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 환자(S)의 위치맞춤을 모의할 수 있다. 따라서, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 환자(S)의 위치맞춤 작업의 시간을 단축할 수 있다.
- [0094] 중성자 포착요법 시스템(104)에 의하면, 준비실(50A, 50B)의 실내에 있어서 기준부(52a, 52b)에 의하여 위치결정된 치료대(80)에 환자(S)를 재치한 후에, 더미콜리메이터(51)에 대하여 환자(S)를 위치맞춤한다. 그리고, 환자(S)를 재치한 치료대(80)를 조사실(30A, 30B)로 이동시켜, 치료대(80)의 위치를 기준부(33a, 33b)에 의하여 위치결정하면, 콜리메이터(86)와 환자(S)의 위치맞춤이 이루어진 상태가 된다. 따라서, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 콜리메이터(86)와 환자(S)의 위치맞춤 작업을 준비실(50A, 50B)에 있어서 모의적으로 실시할 수 있기 때문에, 조사실(30A, 30B)에 있어서의 환자(S)의 위치맞춤 작업의 시간을 더 단축할 수 있다.
- [0095] 이상, 본 발명의 중성자 포착요법 시스템에 대하여 설명했지만, 본 발명은, 상기 실시형태에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 상기 실시형태에서 예시한 구성요소의 구체적인 치수, 거리 등의 수치는, 설명의 이해를 용이하게 하기 위한 일례이며, 본 발명을 한정하는 것은 아니다.
- [0096] 또, 치료대(80)는, 천판(83) 대신에, 환자(S)가 앉는 시트부와, 시트부에 대하여 입설된 등받이와, 등받이의 상단에 설치된 머리부 지지부를 구비하는 의자여도 된다.
- [0097] 예를 들면, 중성자 포착요법 시스템은, 가속기(11) 및 타겟(T)에 의하여 발생시킨 중성자선(N)을 이용하는 것이 아닌, 원자로로부터 직접 출사되는 중성자선(N)을 이용해도 된다. 즉, 중성자선 발생부(10)는, 원자로에 의하여 구성되어도 된다. 도 13은, 변형예에 따른 중성자 포착요법 시스템(105)을 나타내는 도이다. 도 13에 나타내는 바와 같이, 중성자 포착요법 시스템(105)에서는, 중성자선 발생부(10)가, 가속기(11), 빔수송로(13) 및 중성자선 출력부(12A, 12B)를 가지는 구성 대신에, 원자로(91)를 가지고 있다. 원자로(91)로부터는 직접 중성자선(N)을 출사시킬 수 있다. 원자로(91)를 가지는 중성자선 발생부(10)에 의하면, 중성자 포착요법 시스템의 가동에 필요한 소비 전력을 억제할 수 있다. 다만, 제1~제3 실시형태와 같이 가속기(11) 및 타겟(T)을 이용하여 중성자

선(N)을 발생시키는 구성에 의하면, 원자로(91)를 가지는 중성자선 발생부(10)와 비교하여 소형화할 수 있다.

[0098] 또, 중성자선 발생부(10)에는, 중성자원으로서, 중성자선을 방출하는 방사선 동위체나 소형 핵융합로를 이용해도 된다.

[0099] 산업상 이용가능성

[0100] 본 발명의 일 실시형태에 따른 중성자 포착요법 시스템에 의하면, 조사실에 있어서의 준비 시간을 단축할 수 있다.

부호의 설명

[0101] 10: 중성자선 발생부

11: 가속기

12A, 12B, 12C: 중성자선 출력부

13: 빔수송로

14: 제1 수송부

15: 빔 방향 전환기

16A: 제2 수송부

16B: 제3 수송부

16C: 제4 수송부

17: 빔조정부

18: 하전입자선 주사부

30A, 30B, 30C: 조사실

31: 커버(벽체)

32: 카메라

33: 기준부(제1 위치규정부)

40A, 40B: 연락실

50A, 50B, 50C: 준비실

51: 더미콜리메이터(표지)

52: 기준부(제2 위치규정부)

70: 관리실

71: 제어장치

72A, 72B, 72C: 창

73: 모니터

80: 치료대

81: 토대부

82: 구동부

83: 천관

84: 로봇암

86: 콜리메이터

87: 콜리메이터 고정부

91: 원자로

100, 101, 102, 103, 104, 105: 중성자 포착요법 시스템

A1, A2, A3: 회전축

C: 조사중심축선

D1, D2: 문

N: 중성자선

P: 하전입자선

R: 조사목표

S: 환자

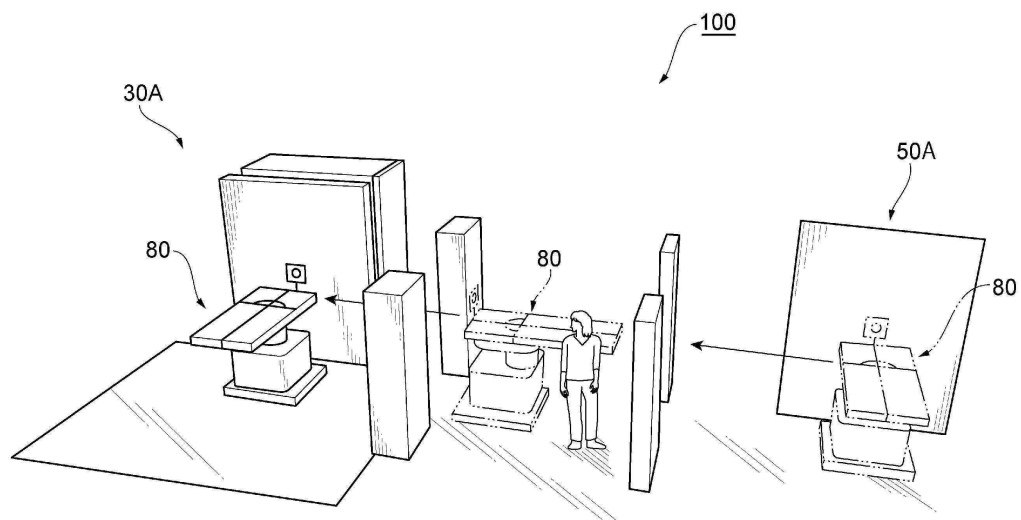
T: 타겟

W: 차폐벽

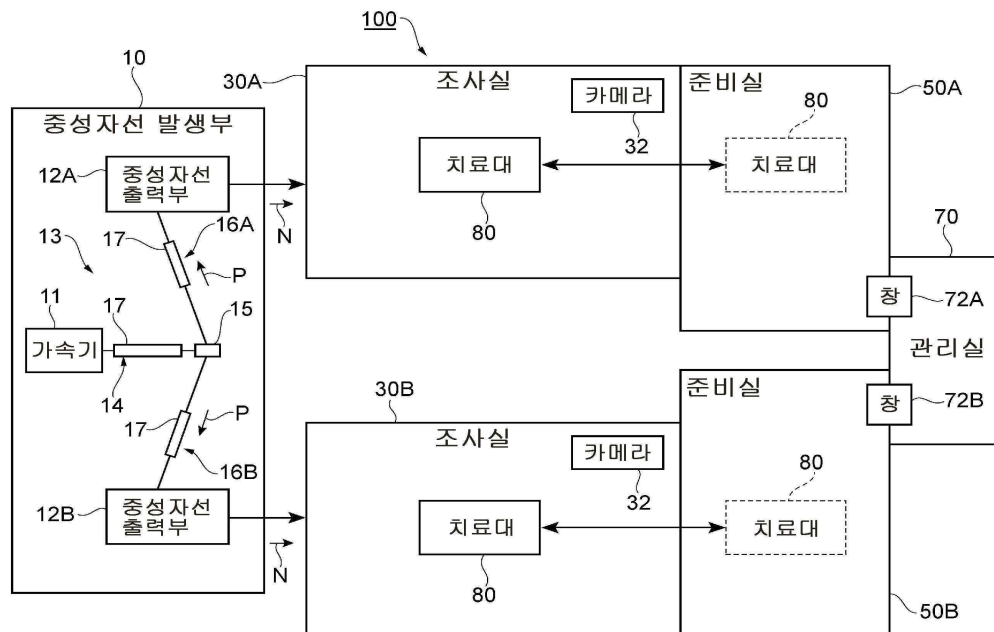
W1, W2, W3: 벽

도면

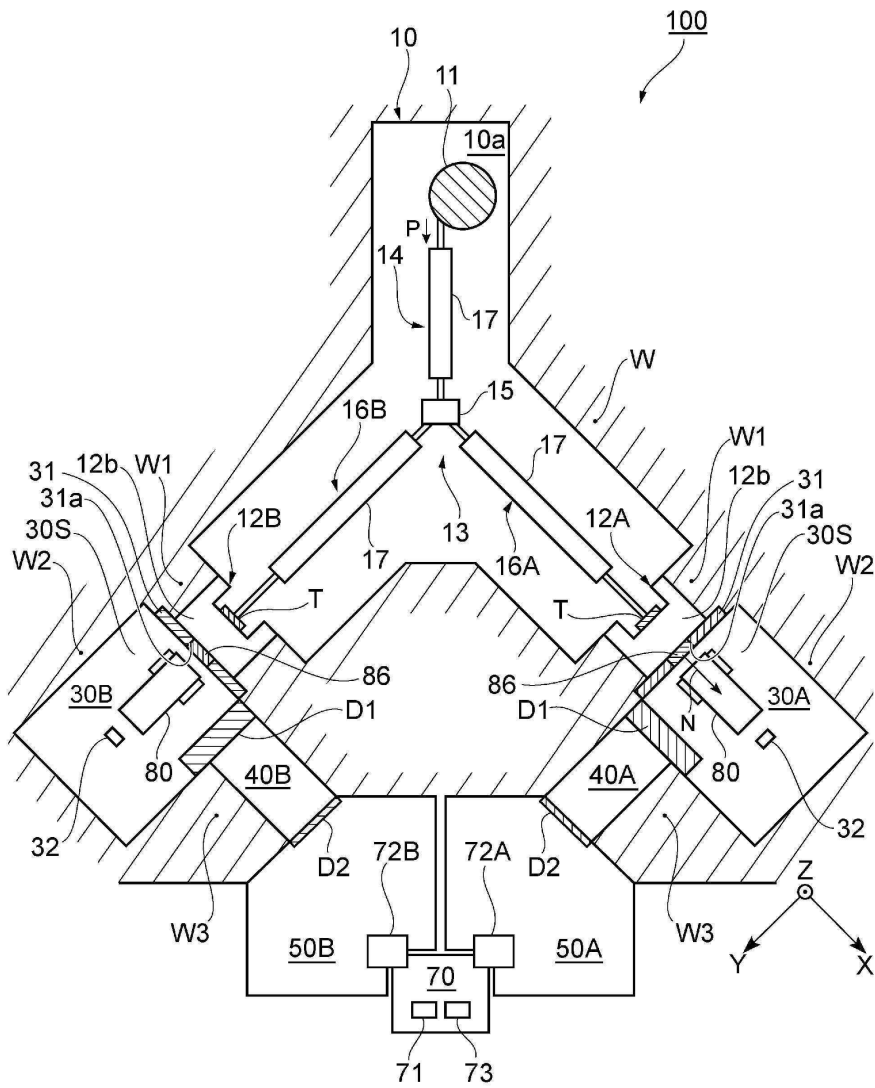
도면1



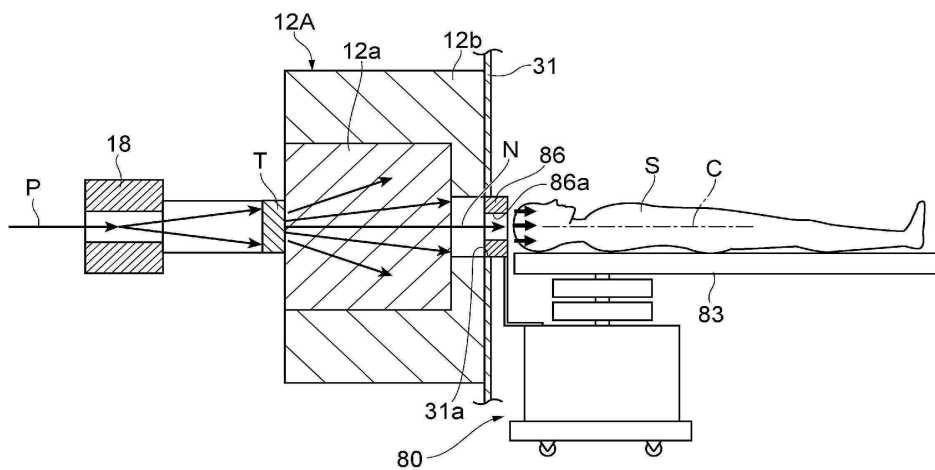
도면2



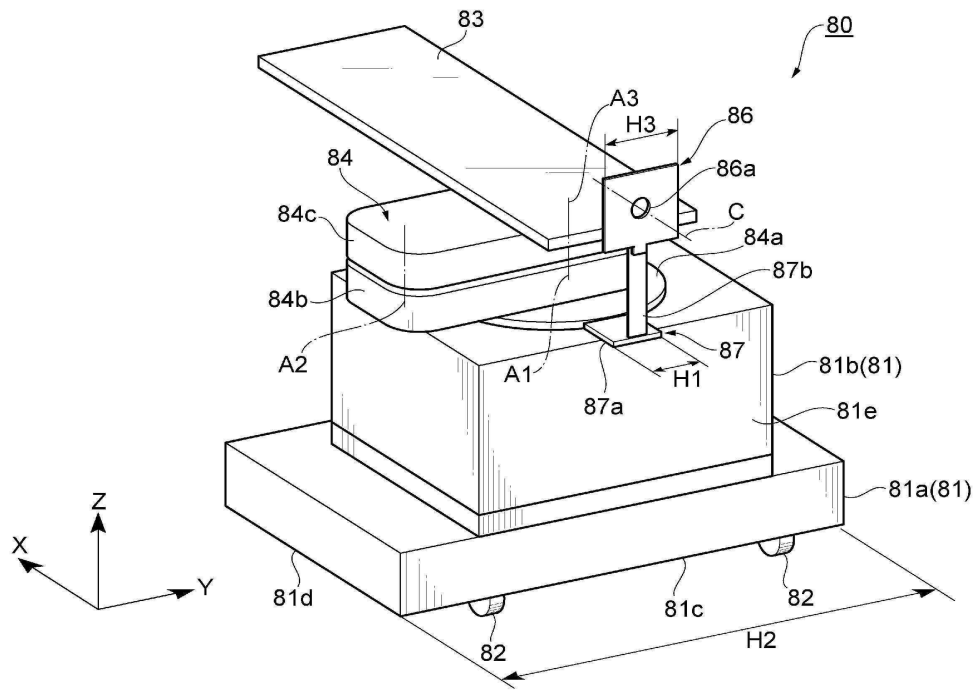
도면3



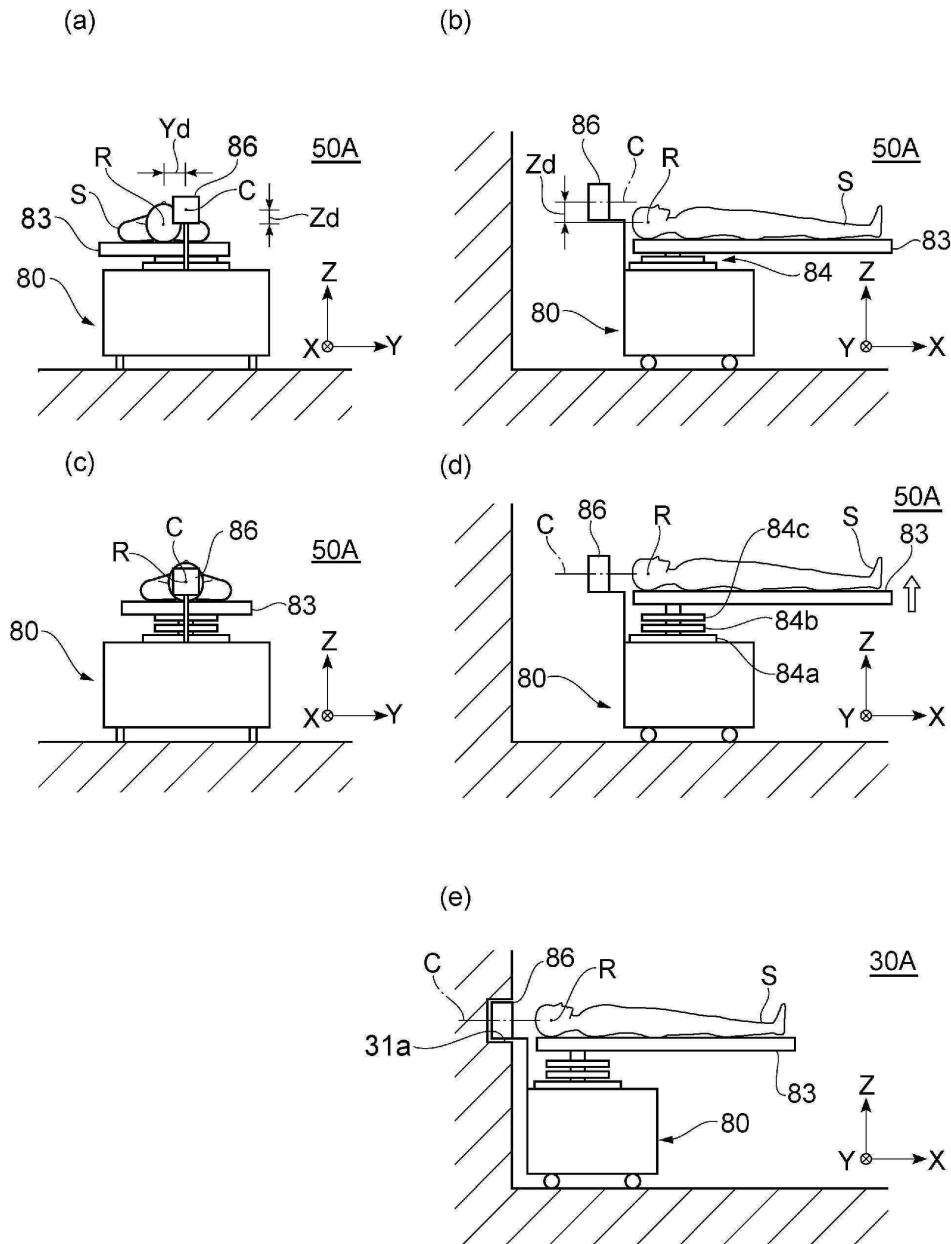
도면4



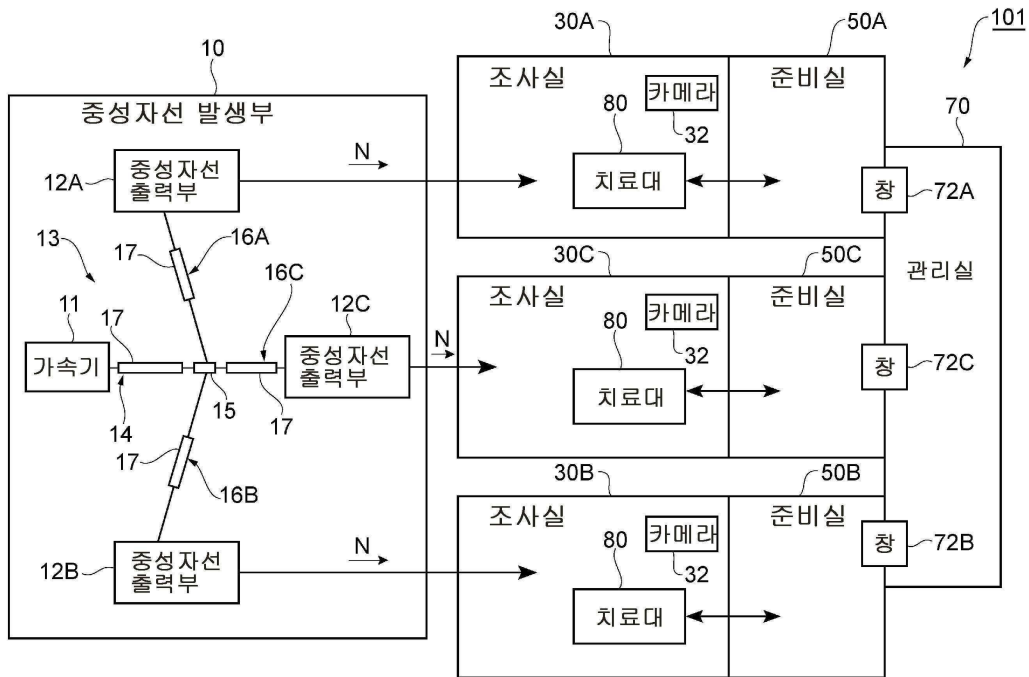
도면5



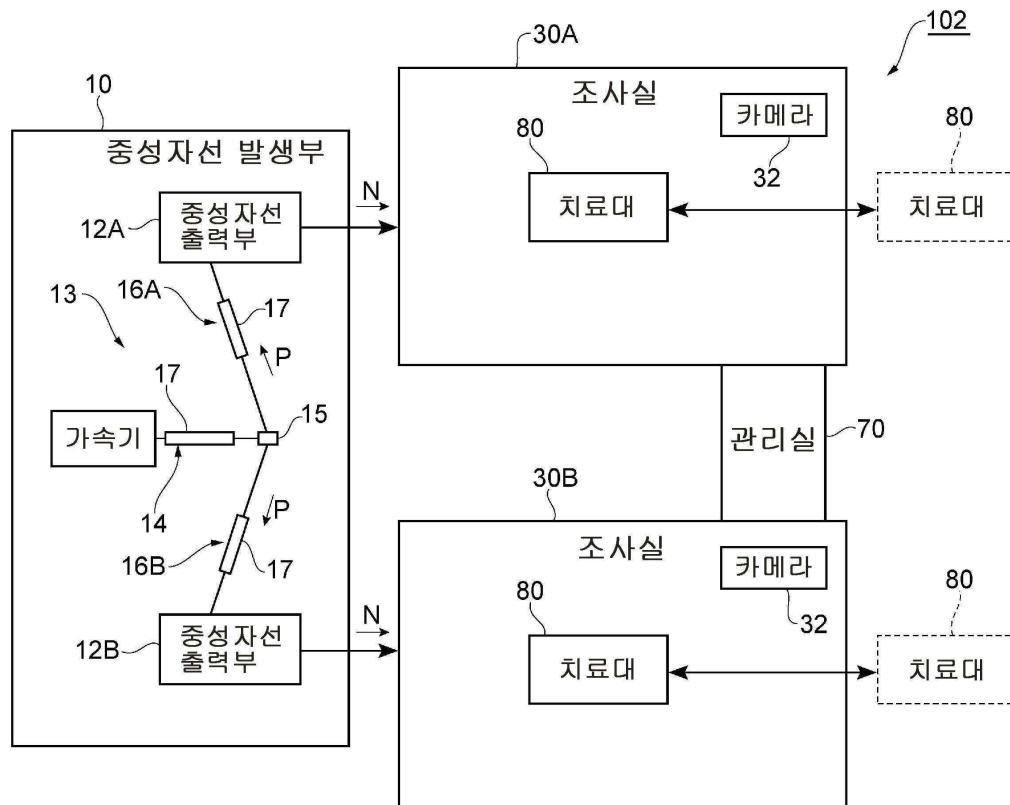
도면6



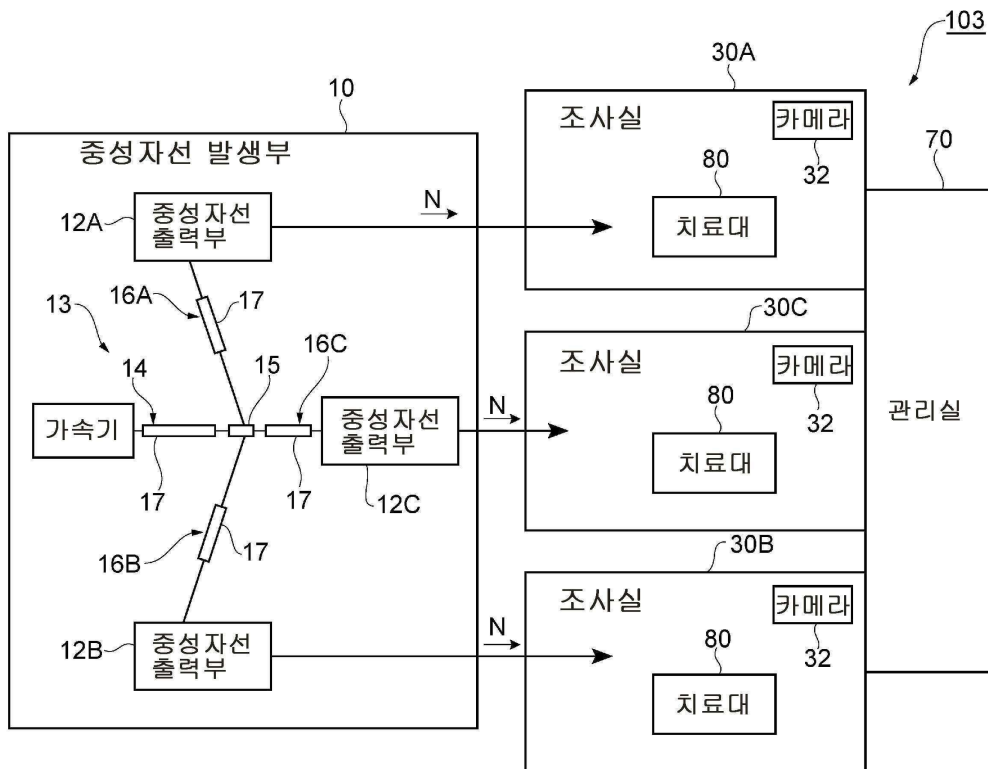
도면7



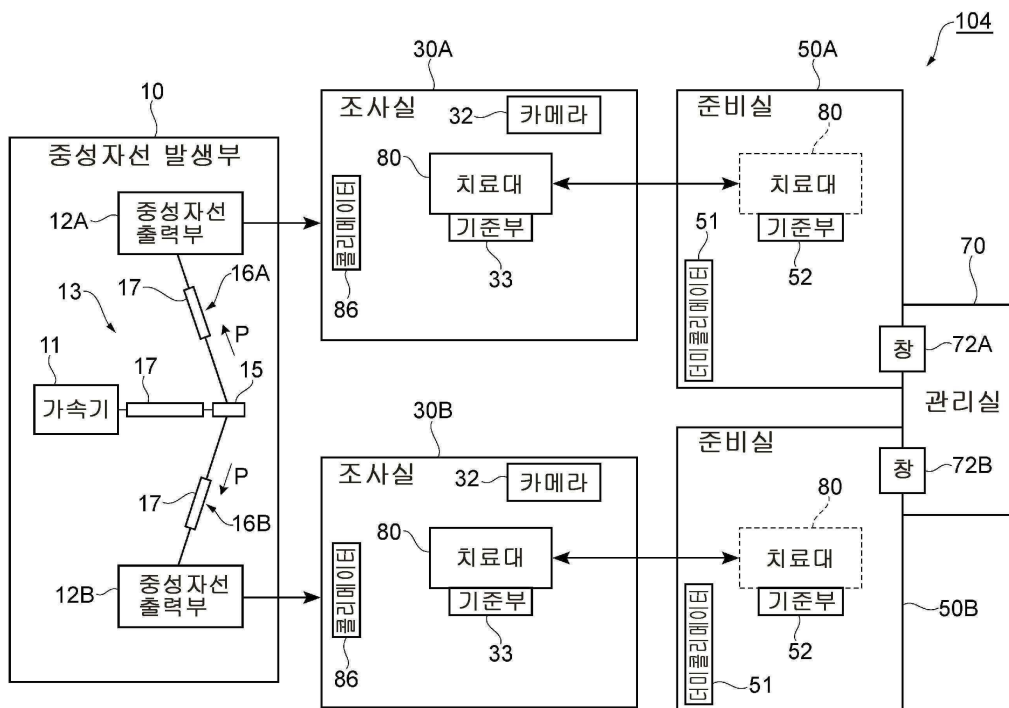
도면8



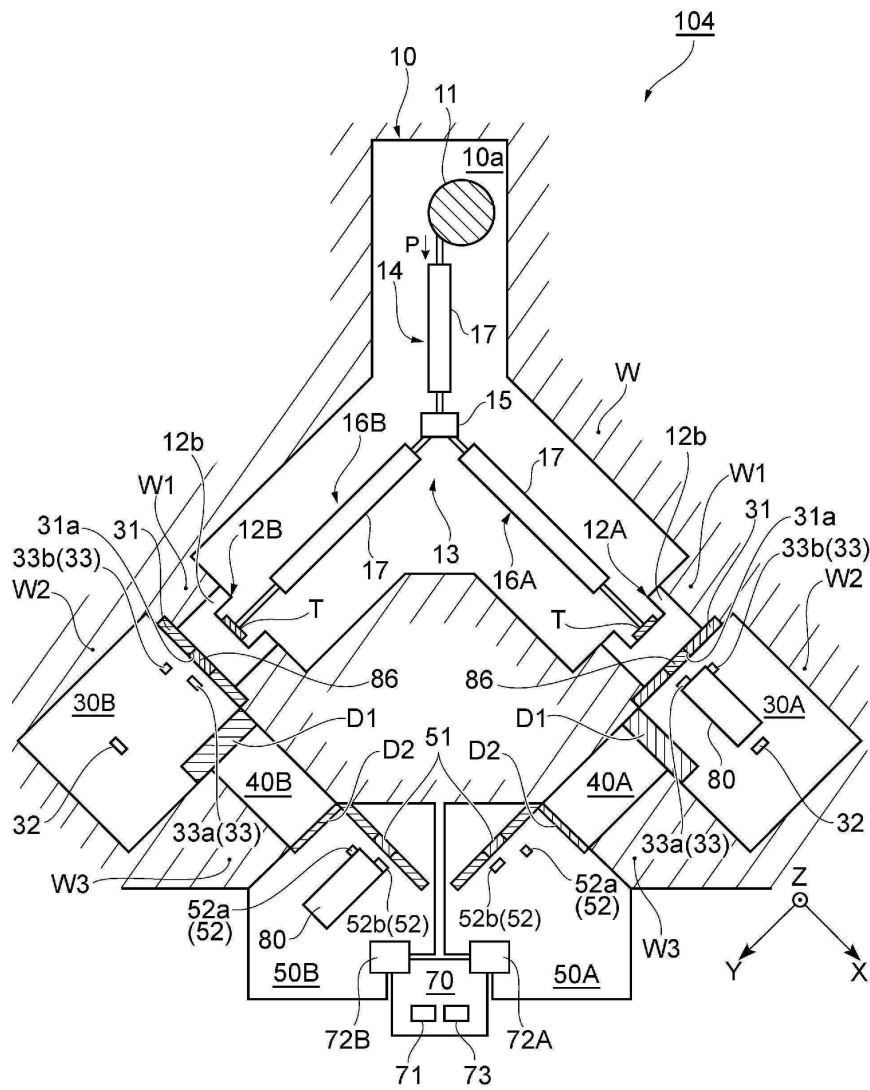
도면9



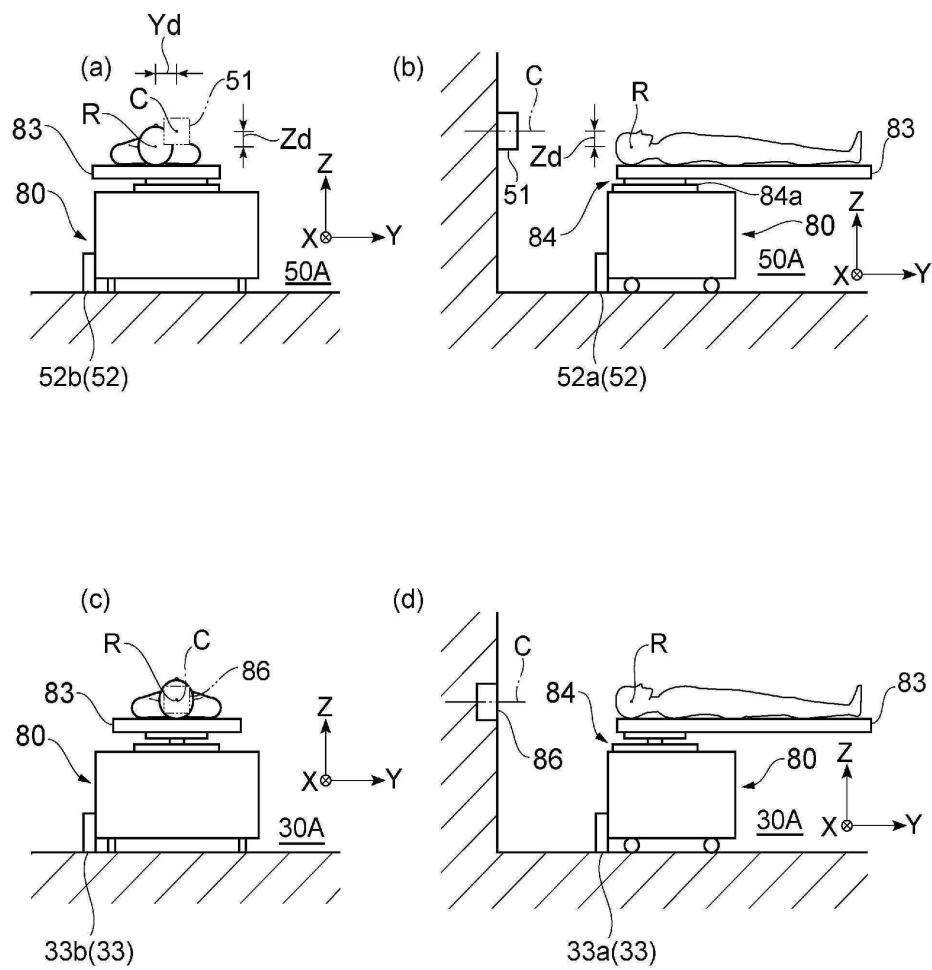
도면10



도면11



도면12



도면13

